



Sveučilište u Rijeci
University of Rijeka
<http://www.uniri.hr>

Polytechnica: Journal of Technology Education, Volume 1, Number 1 (2017)
Politehnika: Časopis za tehnički odgoj i obrazovanje, Volumen 1, Broj 1 (2017)



Politehnika
Polytechnica
<http://www.politehnika.uniri.hr>
cte@uniri.hr

Stručni članak

Usporedba troškova drvoprerađivačkog pogona sa kogeneracijskim energetske sustavom na drvenu sječku i klasičnog drvoprerađivačkog pogona

Borna Borovec, Tomislav Senčić

Tehnički fakultet

Sveučilište u Rijeci

Vukovarska 58, 51000 Rijeka

bborovec@riteh.hr, tsencic@riteh.hr

Sažetak

Prerada drva je tipičan primjer industrije kod koje je potreban mehanički rad (obradni strojevi) i toplinska energija (sušenje drva). Stoga je vrlo prikladna za primjenu kogeneracije te se na taj način omogućuju značajne uštede energije. Uštede su najveće ako se kao izvor energije koristi biomasa, odnosno drvena sječka dobivena kao otpad od prerade drva.

U radu je prikazana usporedba troškova drvoprerađivačkih pogona koji koriste različite izvore energije. Konvencionalno postrojenje koristi električnu energiju iz vanjske električne mreže i toplinsku energiju dobivenu izgaranjem goriva u kotlu. Kogeneracijsko postrojenje u razmatranom slučaju koristi izgaranje biomase za proizvodnju električne energije pomoću parno-turbinskog postrojenja te za namirivanje potreba za toplinskom energijom. Kao energent se koristi drvena sječka koja najvećim dijelom ostane kao otpad od procesa prerade drva pa se stoga može smatrati kao besplatna. Međutim, ovakav sustav zahtijeva veće investicijske troškove ali zbog racionalnog korištenja vlastitog otpada za izgaranje omogućuje povrat troškova investicije zbog ušteda u gorivu.

Ključne riječi: *drvoprerađivački pogon; kogeneracija; drvena sječka.*

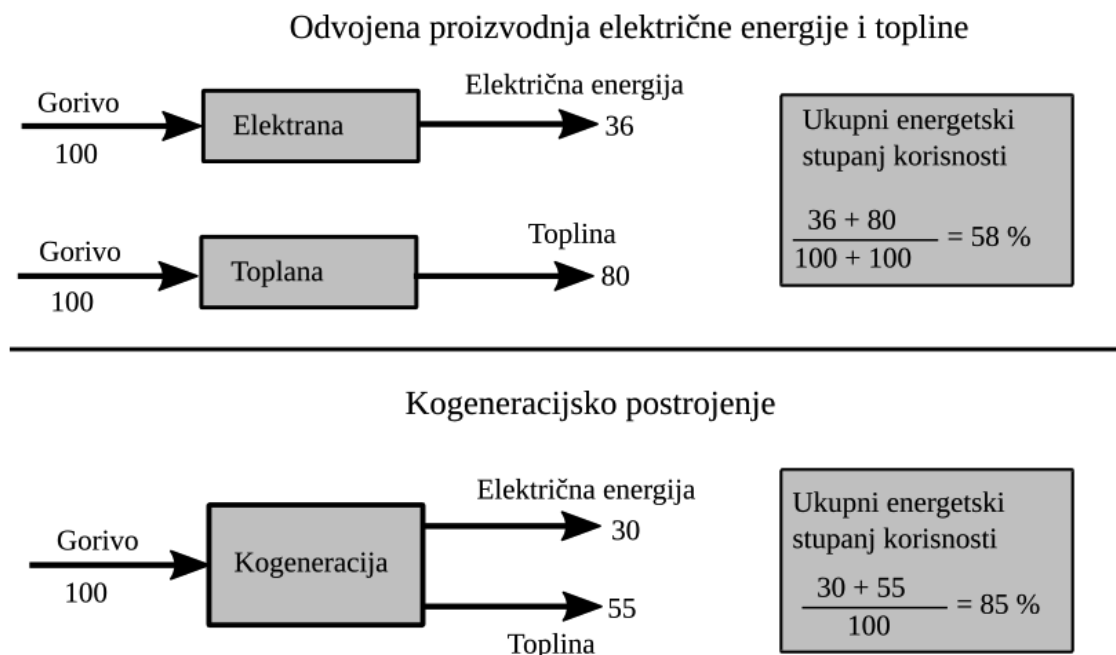
1. Uvod

Neki od globalnih problema današnjice povezani su s proizvodnjom energije. S jedne strane veliki porast potražnje energije u svijetu koji se nastoji pratiti povećanjem proizvodnje, a s druge strane

povećanje emisije štetnih plinova u atmosferu te globalne klimatske promjene koje iz toga proizlaze. Članice Europske Unije i ostale države obvezale su se da će nastojati ublažiti negativne efekte koji proizlaze iz proizvodnje i potrošnje energije. Posljednja konferencija na tu temu je Pariška konferencija iz 2015. godine kada je

postignut sporazum o ublažavanju klimatskih promjena između 196 učesnika Konferencije. Pritom se nastoje smanjiti emisije štetnih plinova i njihov utjecaj na klimatske promjene primjenom dviju osnovnih strategija. Prva je promicanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora pri čemu se fosilna goriva zamjenjuju sunčevom energijom, energijom vjetra, geotermalnom energijom, te energijom iz biomase. Druga strategija promiče povećanje energijske efikasnosti i racionalno korištenje energije (Bošnjaković, 2016), (Liobikien, Butkus, 2017). Jedna od metoda koja se uklapa u obje strategije je kogeneracija na biomasu. Kogeneracija je naziv za energetski proces u kojem se istovremeno proizvode električna i toplinska energija. Kogeneracijska postrojenja imaju bolju energetsku efikasnost jer se izlazna toplina ne ispušta u okolinu nego se koristi za razne potrebe grijanja. Ona su ustvari kombinacija termoelektrana i toplana iz čega proizlazi manji utjecaj na okoliš. Energetski stupanj iskoristivosti nekih kogeneracijskih postrojenja može iznositi i do 90%, a najčešće se kreće od 70 do 85%.

Kogeneracijska postrojenja imaju manju emisiju štetnih ispušnih plinova (CO_2 , SO_2 i NO_x) po jedinici proizvedene energije u odnosu na klasična energetska postrojenja. Nedostaci kogeneracijskih postrojenja su visoki troškovi ulaganja i veći troškovi održavanja u odnosu na konvencionalne sustave. Na slici 1 prikazana je bilanca energije kogeneracijskih energetskih sustava u odnosu na konvencionalnu odvojenu proizvodnju električne i toplinske energije (Borovec, 2017), (Cimdina, Blumberga, Veidenbergs, 2014). Kod odvojene proizvodnje električne energije i topline električnu energiju iz goriva dobivamo sa stupnjem korisnosti od 36% a toplinu iz goriva sa stupnjem korisnosti od 80%. Kada izračunamo ukupni energetski stupanj korisnosti kao što je to prikazano na slici 1 dobivamo vrijednost od 58%. Kod kogeneracijskog postrojenja ovaj stupanj korisnosti dostiže 85%, jer se ista količina goriva iskoristi i za dobivanje električne energije (sa stupnjem korisnosti od 30%) i za dobivanje topline (sa stupnjem korisnosti od 55%).



Slika 1. Usporedba energetske iskoristivosti odvojene proizvodnje energije i kogeneracije

Osim pozitivnih učinaka na emisiju stakleničkih plinova, kogeneraciju prate i pozitivni financijski efekti jer se iz iste količine energenta iskoristi više energije. To naročito vrijedi za kogeneraciju s biomasom koja je jeftinija od ostalih energenata. Najčešće se radi o drvu i njegovim proizvodima kao što su peleti, briketi te razni drveni ostaci. Najbolji efekt se postiže korištenjem otpadnog dijela drvne mase koja ostane nakon procesa proizvodnje vrednijih proizvoda. Biomasa se smatra obnovljivim izvorom energije (ako se njome ispravno gospodari) te se smatra da njeno korištenje za proizvodnju energije ne uzrokuje dodatne emisije ugljičnog dioksida jer se on apsorbira tijekom rasta šuma. Osim toga, korištenje biomase može doprinijeti otvaranju novih radnih mjesta, poboljšanju sigurnosti opskrbe energijom i smanjenju ovisnosti o uvoznim energentima (Francescato i dr., 2012), (Labudović, 2012).

Postoji više različitih izvedbi kogeneracijskih postrojenja. Mogu biti na bazi parnih turbina, na bazi plinskih turbina, na bazi motora s unutarnjim izgaranjem, na bazi kombiniranog ciklusa ili na bazi gorivnih članaka (Prelec, 1994). Neka od njih su primjenjiva za korištenje biomase kao pogonskog goriva.

U ovom je radu prikazano kogeneracijsko energetsko postrojenje na drvnu biomasu koje proizvodi energiju potrebnu za drvoprerađivački pogon. Provedena je usporedba troškova s klasičnim energijskim postrojenjem drvoprerađivačkog pogona koje električnu energiju dobiva iz elektroopskrbne mreže, a toplinsku dobiva loženjem prirodnog plina.

2. Prikaz postrojenja

Osnovne cjeline kogeneracijskog sustava su: uređaj za dobavu i pripremu goriva, sustav za proizvodnju električne energije, sustav za korištenje otpadne topline, sustav ispušnih (dimnih) plinova, upravljački i kontrolni sustav. Kogeneracija dobiva puni smisao ako postoji potreba za električnom i toplinskom energijom.

Drvoprerađivački pogon, koji se analizira, upravo je takav primjer jer su obradni strojevi pogonjeni električnom energijom, a za pripremu drvne građe potrebne su znatne količine toplinske energije. U nastavku je prikazana analiza potrebne električne i toplinske snage energane.

2.1 Potrošači električne energije

Drvoprerađivački pogon sastoji se od više strojeva i proizvodnih uređaja pogonjenih električnom energijom koji zajedno čine proizvodni sustav za izradu drvnih elemenata iz sirovih trupaca. Popis trošila električne energije predmetnog pogona prikazan je u tablici 1. Ukupna snaga potrošača iznosi 1095 kW. Međutim, nikada baš svi ne rade istovremeno, pa se u daljnjem proračunu koristi zaokružena vrijednost od 1000 kW.

2.2 Potrošači toplinske energije

Toplinska energija se koristi najvećim dijelom za sušenje drvne građe ali i za grijanje pogona. Primarni izvor toplinske energije je toplina koja se dobiva oduzimanjem pare iz turbine koja se preko izmjenjivača topline para-voda predaje vodi koja pomoću pumpi preko razdjelnika ide u grijače za grijanje sušara i kalorifere za grijanje pogona u zimskim mjesecima.

Za grijanje i ventilaciju industrijskih hala i radionica koriste se kaloriferi s izmjenjivačem topline i aksijalnim ventilatorom. Da bi se zadovoljila potreba za toplinskom energijom u sezoni grijanja u razmatranom slučaju ugrađuju se kaloriferi snage 20 kW, slika 2. Potrebno je postaviti 40 kalorifera ($800 \text{ kW} / 20 \text{ kW} = 40$).

Sušenje drvne građe odvija se u sušarama, slika 3. Zagrijani zrak struji između razmaknutih slojeva drvne građe, te iz površinskih slojeva na sebe preuzima vlagu. Vлага se mehanizmom difuzije prenosi iz unutarnjih slojeva drva prema površini. Sušenje ne smije biti suviše brzo, kako ne bi došlo do pojave neravnomjernih naprezanja i pucanja u pojedinim slojevima drvne građe. Stoga je potrebna precizna regulacija vlažnosti zraka i temperature u sušari.

Potrošač	Komada	Snaga	Ukupno
Sortiranje i prikraćivanje trupaca	1	60 kW	60 kW
Guljač kore	1	50 kW	50 kW
Tračna pila	1	120 kW	120 kW
Linija za izradu elemenata	1	100 kW	100 kW
Sušare	8	15 kW	120 kW
Blanjalica	7	35 kW	245 kW
Linija za dužinsko – širinsko spajanje	1	60 kW	60 kW
Brusilica	1	75 kW	75 kW
Automatska pila za izradu sljubnice	2	18 kW	36 kW
Linija za pakiranje	1	15 kW	15 kW
Ručni štuceri snage	8	3 kW	24 kW
Preša	1	5 kW	5 kW
Ventilacija drvene piljevine	1	100 kW	100 kW
Rasvjeta	300	150 W	45 kW
Vlastita potrošnja električne energije za pogon kogeneracijskog postrojenja	1	40 kW	40 kW
Ukupno			1095 kW

Tablica 1. Potrošači električne energije ("Pilana Pečenec", 2017)



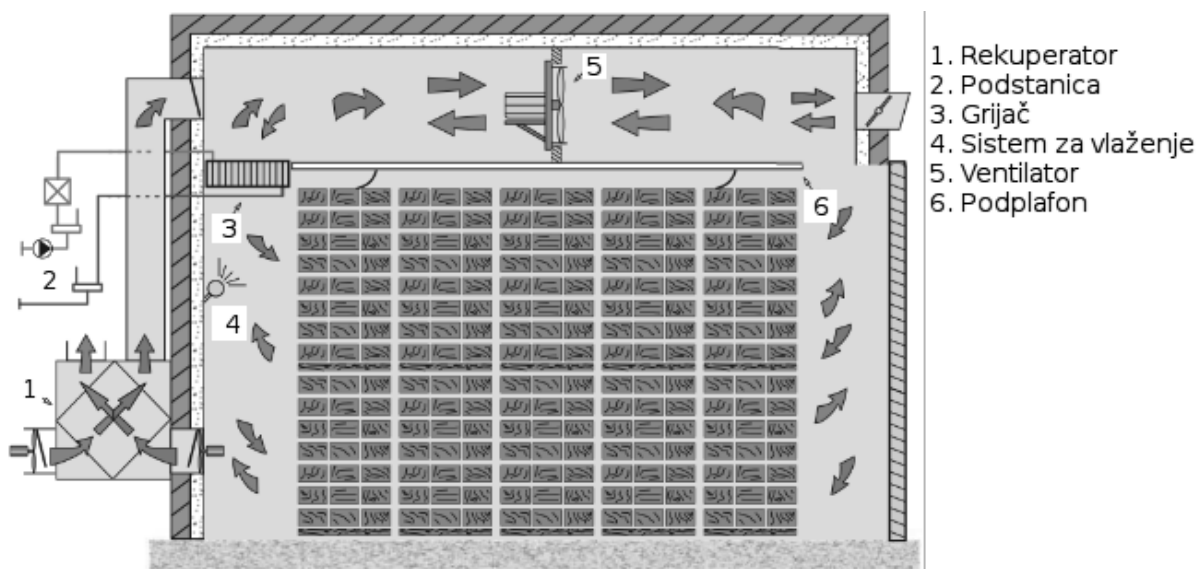
Slika 2. Kalorifer ("Wolf", 2017)

Sušenje se obavlja izmjenom topline unutrašnjeg vlažnog zraka s vanjskim. Okolni zrak se uvlači u sušaru ventilatorom kroz rekuperator, 1. Zagrijani zrak koji se izbacuje iz sušare prolazi kroz rekuperator i predaje dio toplinske energije hladnom zraku koji ulazi u sušaru. Strujanje zraka kroz sušaru se postiže upotrebom ventilatora, 5. Zrak u sušari se zagrijava pomoću izmjenjivača topline, 3. Regulacija temperature vrši se servo ventilom s motornim pogonom koji je sastavni dio podstanice, 2. Regulacija vlage kod ovog tipa sušare postiže se uključivanjem ventilatora rekuperatora te uštrcavanjem pare pomoću sustava za vlaženje, 4. Iznad drvene građe smješten je podplafon, 6, koji služi za

usmjeravanje strujanja zraka između slojeva drvene građe.

Upotrebom rekuperatora smanjuje se potrošnja toplinske energije preko 30%. Osim uštede toplinske energije (a time i pogonskog goriva) poboljšava se kvaliteta suhe građe i skraćuje vrijeme sušenja. Koristi se 8 sušara ukupne snage električne energije 120 kW i toplinske energije 1200 kW.

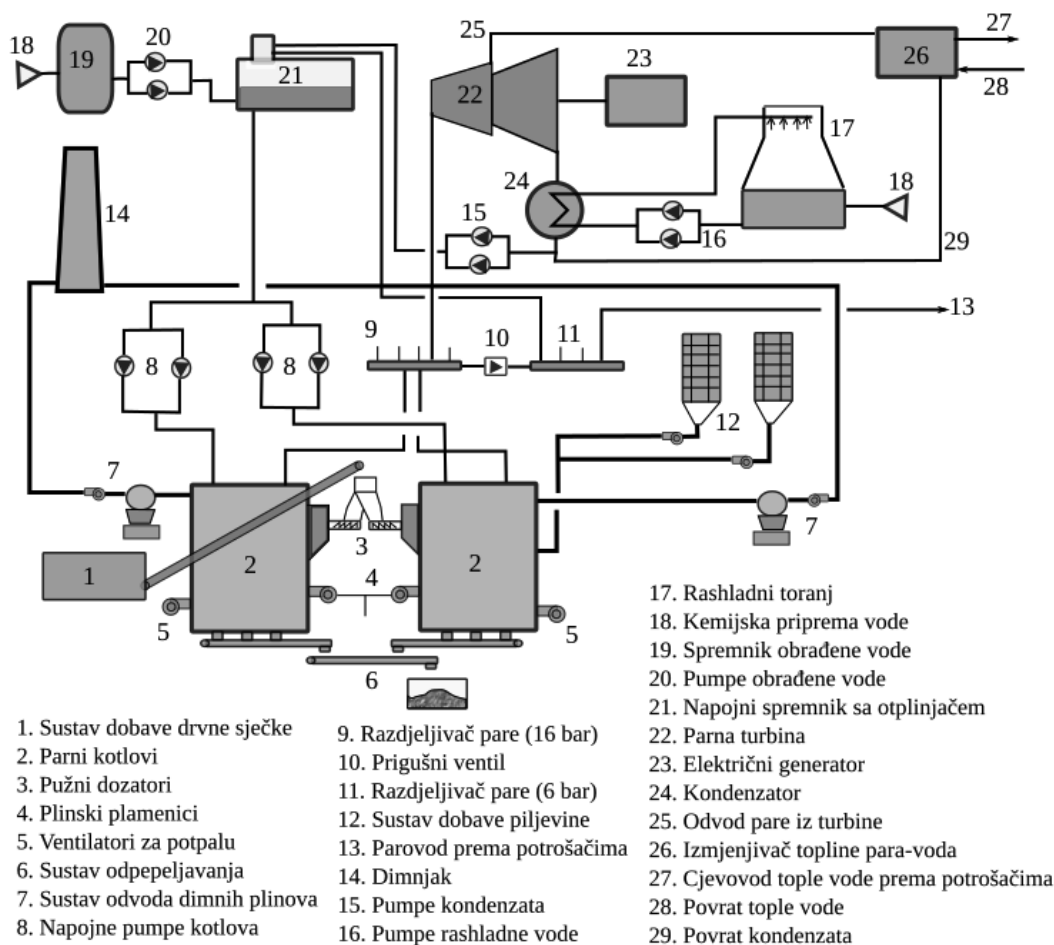
Toplinski gubici proizvodnih hala se prema iskustvenim podacima uzimaju 80 W/m^3 grijanog prostora. Toplinska snaga potrebna za grijanje sušara je 1.5 kW/m^3 drvene građe. Ukupno se koristi 8 sušara kapaciteta 100 m^3 drvene građe. Izračun toplinskih potreba prikazan je u tablici 2.



Slika 3. Sušara sa rekuperatorom ("NIGOS-elektronik - Sušare za drvo", 2017)

Potrošač	Jedinična potrošnja	Potreba za grijanje	Potrebna snaga
Grijanje hale 1	80 W/m^3	3000 m^3	240 kW
Grijanje hale 2	80 W/m^3	7000 m^3	560 kW
Grijanje sušara	1.5 kW/m^3	$8 \cdot 100 \text{ m}^3$	1200 kW
Ukupno			2000 kW

Tablica 2. Potrošači toplinske energije (Cimdina, Blumberga, Veidenbergs, 2014)



Slika 4. Energetsko postrojenje drvoprerađivačkog pogona (Borovec, 2017)

2.3 Kogeneracijska energana

Drvoprerađivački pogon, koji je predmet analize, ima potrebu za 1 MW snage el. energije u koju spadaju energija potrebna za pogon strojeva i rasvjeta te 2 MW snage toplinske energije za potrebe sušare i grijanje pogona. Sa takvim omjerom električne i toplinske snage, te u tom rasponu snaga, kao najpovoljnije rješenje odabire se kogeneracija na bazi kondenzacijske turbine s oduzimanjem pare koja proizvodi električnu i toplinsku energiju koristeći drvenu biomasu kao gorivo. Gorivo je drvena sječka čiji je izvor tehnološki proces postrojenja. Time se rješava problem otpada i povećava ekonomska isplativost proizvodnje jer je gorivo praktički

besplatno i u normalnom radu uvijek dostupno. Kotlovi imaju i plinski plamenik kao rezervno rješenje u slučaju prekida dovoda biomase (npr. kvar na dobavnoj liniji). Za potrebe kogeneracije koristiti će se jedan kotao, dok će drugi služiti kao rezerva. Za loženje parnih kotlova predviđa se uporaba biomase (šumska biomasa) te drvnih otpadaka iz industrije. Za obradu biomase (sjeckanje i usitnjavanje) predviđa se ugradnja stroja za usitnjavanje biomase. Loženje i odvodnja pepela su automatizirani pomoću lančanih i pužnih transportera. Biomasa se nakon usitnjavanja smješta u natkriveno spremište biomase iz kojeg se putem hidrauličkih navlakača navlači na lančani transporter kojim se doprema do kotlova. Pepeo se putem transportera odvodi

u vanjski prostor gdje se deponira u za to odgovarajući kontejner. Odvod plinova izgaranja vrši se putem dimovodnog sustava. Proizvedena para sa kotlova vodi se na kondenzacijsku parnu turbinu s oduzimanjem pare, koja pogoni generator električne energije. Proizvedena električna energija se koristi za odvijanje tehnološkog procesa, za rasvjetu i ostale potrebe. Para koja se oduzima sa visokotlačnog dijela turbine koristi se za grijanje hala i sušara. Ostali dio pare prolazi kroz niskotlačni dio turbine te ulazi u kondenzatorsko postrojenje gdje se vrši kondenzacija pare pri niskom tlaku. Oduzeta para iz visokotlačnog dijela turbine predaje toplinu u izmjenjivaču topline para-voda. Za potrebe hlađenja kondenzatora (oduzimanja topline kondenzacije pare) predviđena je ugradnja rashladnog tornja. Rezervni sustav grijanja koristit će paru iz razdjeljivača pare (6 bar). Ova para može se prodavati i potencijalnim potrošačima u bližem okruženju. Tehnološka shema postrojenja, slika 4, prikazuje princip rada kogeneracijskog postrojenja.

3. Izračun troškova

3.1 Troškovi kogeneracijskog postrojenja

Da bi ekonomska analiza opravdanosti ulaganja u kogeneracijsko postrojenje bila valjana, potrebno je na što precizniji način utvrditi troškove investicije u postrojenje. Ovi troškovi, uz troškove goriva i troškove održavanja postrojenja, čine skup najznačajnijih čimbenika koji određuju ekonomsku prihvatljivost postrojenja. Investicijski troškovi ovise, prije svega, o vrsti i veličini kogeneracijskog postrojenja, vrsti korištenog goriva te tehničkim i ekološkim zahtjevima koji se postavljaju kao preduvjet izgradnje. U (Lončar, Krajačić, Vujanović, 2009) je detaljno razrađen proračun koji služi za procjenu isplativosti ulaganja u kogeneracijsko postrojenje na biomasu na određenoj lokaciji te odabir optimalne tehnologije. Usporedba se temelji na trošku proizvodnje električne energije pri čemu se u obzir uzimaju investicijski trošak, troškovi pogona i održavanja, trošak goriva, godišnja proizvodnja

električne energije u kogeneracijskom procesu, isporučena toplina te njena cijena.

Za lakšu usporedbu, ovi su troškovi prikazani apsolutnom obliku te svedeni na specifične troškove po kW električne snage postrojenja. Specifične veličine investicijskih troškova svedenih na kW električne snage kreću se na razini od **1345 €/kW_e** pa do **5500 €/kW_e** ovisno od električne snage postrojenja (Lončar, Krajačić, Vujanović, 2009). Kako je snaga postrojenja koje se analizira relativno mala, uzima se veća specifična cijena investicije, odnosno pretpostavlja se **5000 €/kW_e**. Troškovi pogona i održavanja procijenjeni su u odnosu na vrijednost investicije i iznose **3%** godišnje (Lončar, Krajačić, Vujanović, 2009). Troškovi za gorivo i električnu energiju su zanemarivi jer se kao gorivo koristi vlastita drvna sječka.

Investicija:

$$1000 \text{ kW}_e \cdot 5000 \text{ €/kW}_e = 5\,000\,000 \text{ €}$$

$$(u \text{ kunama } 5\,000\,000 \cdot 7,4 = 37\,000\,000 \text{ kn})$$

Troškovi održavanja:

$$5\,000\,000 \cdot 0,03 = 150\,000 \text{ €}$$

$$(u \text{ kunama } 150\,000 \cdot 7,4 = 1\,110\,000 \text{ kn})$$

3.2 Troškovi postrojenja s odvojenom proizvodnjom energije

Troškovi investicije za energanu s odvojenom proizvodnjom energije svode se na troškove ugradnje sustava za centralno grijanje, pošto se električna energija za pogon strojeva, u ovom slučaju, kupuje iz vanjske mreže. Ovi troškovi sastoje se od:

- Troškova kotlova za centralno grijanje
- Troškova za kalorifere i toplovodne cijevi
- Troškova sustava automatske regulacije
- Troškova inženjeringa, nadzora i izvođenja projekta
- Ostalih troškova

Okvirni ukupni troškovi investicije iznose **300 000 €** (2 220 000 kn) ("Pilana Pečenec", 2017). Vrlo bitna stavka je potrošnja goriva jer je u ovom slučaju kao energent prirodni plin. Godišnja potrošnja goriva kotla snage 2.MW može se približno odrediti množeći ukupnu godišnju potrebu za toplinskom energijom i cijenom energenta. Pretpostavlja se da je kotao u pogonu 8000 h, a preostalo vrijeme je predviđeno za remont kotlovnice. Potreba za grijanje sušara je konstanta tijekom cijele godine, dok se potreba toplinske energije za grijanje hala javlja u zimskim mjesecima. Sušare tokom cijele godine potražuju toplinsku snagu 1200 kW_t odnosno:

$$1200 \text{ kW} \cdot 8000 \text{ h} = 9600000 \text{ kWh},$$

dok potrebu za grijanje pretpostavimo od sredine 10. mjeseca do sredine 4. mjeseca (potreba za grijanjem nije ista tokom tog vremena, a uzima se da grijanje hala radi 12 sati dnevno):

$$182 \text{ dana grijanja} \cdot 12 \text{ sati dnevno} = 2184 \text{ h}$$

grijanja,

$$800 \text{ kW} \cdot 2184 \text{ h} = 1\,747\,200 \text{ kWh}.$$

Trenutna cijena prirodnog plina koju naplaćuje opskrbljivač prirodnim plinom Termoplin d.d. Varaždin iznosi 0,2328 kn/kWh.

- Troškovi goriva za grijanje sušara:
 $9\,600\,000 \text{ kWh} \cdot 0,2328 \text{ kn/kWh} = 2\,234\,880 \text{ kn}$
- Troškovi goriva za grijanje hala:
 $1\,747\,200 \text{ kWh} \cdot 0,2328 \text{ kn/kWh} = 406\,748 \text{ kn}$
- Ukupni godišnji trošak za gorivo:
 $2\,234\,880 + 406\,748 = 2\,641\,628 \text{ kn}$
- Trošak za električnu energiju iz mreže:
 $1000 \text{ kW} \cdot 8000 \text{ h} = 8\,000\,000 \text{ kWh}$
 $8\,000\,000 \text{ kWh} \cdot 0,25 \text{ kn/kWh} = 2\,000\,000 \text{ kn}$

3.3 Usporedba troškova ulaganja i pogona kogeneracijskog i klasičnog sustava

Početno ulaganje za kogeneracijsko postrojenje na biomasu je očekivano znatno veće nego kod klasičnog rješenja jer uključuje sve opisane sustave za pripremu goriva i proizvodnju električne i toplinske energije. Veći su također i redovni troškovi održavanja kompleksnijeg postrojenja. Ono što dugoročno donosi ekonomsku prednost kogeneracijskom postrojenju su troškovi za gorivo i za električnu energiju koji kod klasičnog postrojenja iznose preko 4,5 miliona kuna, dok kod kogeneracijskog postrojenja ne postoje, kao što je vidljivo iz tablice 4.

	Kogeneracijsko postrojenje	Klasični sustav
Vrijednost investicije	37 000 000 kn	2 220 000 kn

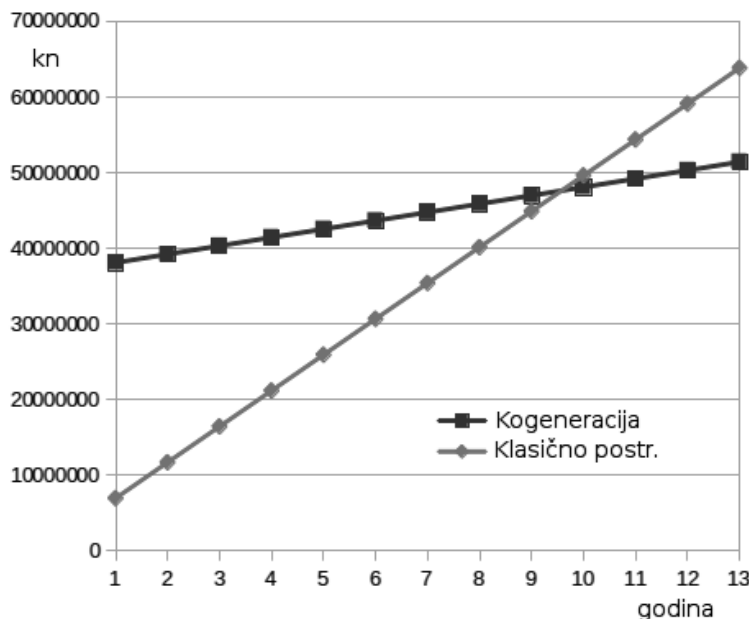
Tablica 3. Usporedba investicijskih troškova

	Kogeneracijsko postrojenje	Klasični sustav
Potrošnja goriva	0 kn	2 641 628 kn
Troškovi održavanja na godišnjoj razini	1 110 000 kn	100 000 kn
Troškovi kupljene električne energije za potrebe proizvodnje	0 kn	2 000 000 kn
Ukupni godišnji troškovi	1 110 000 kn	4 741 628 kn

Tablica 4. Usporedba godišnjih troškova pogona

Na slici 5 prikazan je dijagram iz kojeg se vidi omjer veličine početnih ulaganja te trend troškova tijekom godine. Prema prikazanom

proračunu, isplativost ulaganja u kogeneracijsko postrojenje na biomasu počinje se isplaćivati nakon nešto manje od 10 godina.



Slika 5. Dijagram troškova tijekom godina eksploatacije

3.4 Komentar rezultata

U radu je analizirana isplativost uvođenja kogeneracijskog postrojenja na biomasu za dobivanje električne i toplinske energije potrebne drvoprerađivačkom pogonu. Ovakva postrojenja su sve popularnija diljem Europe zbog višestrukog pozitivnog učinka. Omogućuje se učinkovitije korištenje energije iz goriva, smanjuje se trošak kupovanja električne energije iz elektroopskrbne mreže i goriva za namirivanje toplinskih potreba, smanjuje se emisija ugljičnog dioksida po jedinici proizvedene energije te se proizvodnjom energije blizu mjesta potrošnje smanjuje gubitke u prijenosu. U drvoprerađivačkoj industriji veliku prednost na stranu kogeneracije daje činjenica da je gorivo praktički besplatno. Kao gorivo može se koristiti sav drveni otpad koji nastaje u proizvodnom procesu. Problem u velikoj mjeri su veliki investicijski troškovi. Europska unija podržava takve projekte kroz razne programe

sufinanciranja obnovljivih izvora energije. Nadalje, korištenjem otpadne biomase iz drvne industrije rješava se problem njenog zbrinjavanja.

Kod korištenja biomase, kao izvora energije pojavljuju se i neki nedostaci. Potrebno je dobro procijeniti raspoloživost i kvalitetu biomase u krugu postrojenja jer se njenim korištenjem kao energentom ulazi u konkurenciju s proizvođačima peleta i briketa, prešanih i lijepljenih panela (iverice). Tome se može doskočiti sklapanjem ugovora s više dobavljača biomase, s vlastitim uzgojem brzorastuće biomase ili s opremanjem kotlova dodatnim plamenicima na plin ili loživo ulje. Kritike ove tehnologije navode da se korištenjem obradivih površina za uzgoj energenata smanjuje korisna površina za uzgoj hrane, čime joj se povisuje cijena. Ovaj argument bi uslijed velikog širenja ove tehnologije mogao dobiti na značaju, ali ako se koriste prethodno zapuštene površine, kakvih u Republici Hrvatskoj ima dosta, primjena biomase donosi samo pozitivne efekte.

U radu je proveden pojednostavljeni proračun. Iz analize su izostavljeni troškovi kapitala (kredit) i troškovi zemljišta. Također, smatra se da bi se kompletna potreba za biomasom namirivala iz vlastitog otpada, odnosno besplatno. Zanimarena je mogućnost prodaje struje operateru distribucije električne struje i prodaje toplinske energije susjednim tvrtkama ili stambenim objektima. Nije provedena detaljna analiza potreba za toplinskom i električnom energijom kroz čitavu godinu. Nije uzeta u obzir iskoristivost kotla za grijanje. Proračun se je temeljio na iskustvima sličnih pogona iznesenim u dostupnoj literaturi. Nakon pretpostavljanja ulaznih parametara i izvedenog izračuna došlo se je do rezultata iz kojih je vidljivo da kogeneracijsko postrojenje uvjetuje znatno veća početna ulaganja u odnosu na klasično postrojenje kod kojeg se električna energija kupuje iz elektroopskrbne mreže. Investicija se isplati za otprilike 10 godina. Ovaj period isplativosti bi se još mogao značajno skratiti kada bi u okolini postrojenja bio pogon koji bi koristio (i plaćao) dodatnu proizvedenu toplinu ili kada bi se viškovi električne energije prodavali distributeru električne energije. S druge strane, rok isplativosti bi se produžio kada bi došlo do smanjenja osnovne proizvodnje drvne industrije, što bi za posljedicu imalo nedovoljnu količinu otpadne biomase pa bi se pojavila potreba za kupovinom goriva.

Za daljnju analizu bilo bi zanimljivo još detaljnije analizirati potrebe za energijom koje se mijenjaju iz dana u dan i iz sata u sat. Također, bilo bi zanimljivo u analizu ubaciti još neka rješenja koja bi se mogla nametnuti po kraćem roku isplativosti. Primjerice kogeneracijski sustavu na prirodni plin ili postrojenje koje toplinsku energiju dobiva loženjem biomase, a električnu energiju kupuje iz elektroopskrbne mreže. Pretpostavlja se da bi početna investicija takvih postrojenja bila manja od kogeneracije na biomasu, a tekući troškovi veći od ovdje ponuđenog klasičnog rješenja sa kupovanjem struje i plina.

4. Zaključak

U radu je izveden pojednostavljeni proračun investicijskih i pogonskih troškova energetskog postrojenja drvoprerađivačkog pogona. S jedne strane je analiziran klasični sustav kod kojeg se kupuje električna energija za pogon strojeva i plin za proizvodnju toplinske energije. S druge strane je pretpostavljeno kogeneracijsko postrojenje koje koristi drvenu sječku za istovremenu proizvodnju električne i toplinske energije. Pokazalo se je da će se znatno veće početno ulaganje u kogeneracijsko postrojenje isplatiti nakon nešto manje od 10 godina.

Može se zaključiti također da je proračun isplativosti investiranja u kogeneracijsko postrojenje kompleksan zadatak. Bitno je okruženje, odnosno postojanje drvne industrije sa otpadnom biomasom, mogućnosti dopreme biomase, postojanje potrošača toplinske energije, blizina električne mreže i postojanje konkurentnih pogona koji su zainteresirani za korištenje biomase. Za uspjeh projekta poželjno je iskoristiti poticajna sredstva koja je moguće dobiti za korištenje obnovljivih izvora energije.

Kogeneracija je odlično rješenje samo ako se ne narušava ravnoteža u okruženju nego postiže sinergijsko djelovanje između zainteresiranih strana.

Literatura

- Bošnjaković, B. (2016). Climate change, energy security, and innovation: Geopolitical Challenges to the EU. U B. Franković (Ur.), *Zbornik radova Međunarodnog kongresa Energija i okoliš 2016, Opatija*, 1-20. Hrvatski savez za sunčevu energiju Rijeka, Hrvatska.
- Borovec, B. (2017). *Kogeneracija na biomasu*. Rijeka: Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci (završni rad).
- Cimdina, G., Blumberga, D., Veidenbergs, I. (2014). Analysis of wood fuel CHP operational experience. U S. Valtere (Ur.), *Proceedings of International Scientific Conference*

"Environmental and Climate Technologies - CONECT 2014", 263-269. Curran Associates, Inc. USA.

Francescato, V., Antonini, E., Zuccoli Bergomi, L., Metschina, C., Schnedl, C., Krajnc, N., Kosciuk, K., Gradziuk, P., Nocentini, G., Stranieri, S. (2012). *Priručnik o gorivima iz drvne biomase*. Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske - REGEA.

Wolf. (2017). Preuzeto 03. 05. 2017. sa <http://www.wolf-heiztechnik.de>.

Labudović, B. (2012). *Osnove primjene biomase*. Zagreb: Energetika marketing.

Liobikien, G., Butkus, M. (2017). The European Union possibilities to achieve targets of Europe 2020 and Paris agreement climate policy. *Renewable Energy*, 106, 298-309.

Lončar, D., Krajačić, G., Vujanović, M. (2009). *Podrška developerima - primjeri najbolje prakse za kogeneraciju na drvenu biomasu*. Centar za transfer tehnologije - CTT, Zagreb.

NIGOS-elektronik - Sušare za drvo. (2017). Preuzeto 03. 05. 2017. sa http://nigos.rs/susare_za_drvo.html.

Pilana Pečenec. (2017). Preuzeto 28. 04. 2017. sa <http://www.pecenec.hr>.

Prelec, Z. (1994). *Energetika u procesnoj industriji*. Zagreb: Školska knjiga.

Comparisson of Costs of a Woodworking Plant with a Wood Chips Fired Cogeneration Power System with a Classical Woodworking Plant

Abstract

Wood processing is a typical example of an industry where mechanical work (machining) and heat energy (wood drying) are needed. It is therefore very suitable for the application of cogeneration which provides significant energy savings. Savings are greatest when biomass is used as a source of energy or, more precisely, wood chips obtained as waste from wood processing.

This paper presents a comparison of the cost of woodworking plants using different energy sources. The conventional plant uses electricity from the external electricity grid and the heat generated by the combustion of fuel in the boiler. The cogeneration plant in the considered case uses the combustion of biomass for the production of electricity by a steam turbine plant and also to meet the needs for heat energy. As an energy source, wood chips that remain from the wood processing are used and can therefore be considered as free. However, such a system requires higher investment costs, but due to the rational use of its own waste for combustion, it allows a return on investment costs due to fuel savings.

Keywords: *woodworking plant; cogeneration; wood chips.*